

平成31年 3月31日

安全な農林水産物安定供給のためのレギュラトリーサイエンス研究委託事業  
研究成果報告書

課題番号：2804

ジャガイモシロシストセンチュウの効果的な防除法の開発

研究期間：平成28年度～平成30年度（3年間）

研究総括者名：奈良部 孝

試験研究機関名：Gp 防除法開発グループ

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構

北海道

地方独立行政法人北海道立総合研究機構

## 1 研究目的

平成 27 年 8 月に、北海道網走市の一部地域において、我が国で初めてジャガイモシロシストセンチュウの発生が確認された。本線虫は、世界的に馬鈴しょの生産に重大な被害をもたらす病害虫として知られている。特に、馬鈴しょを基幹作物として輪作を行っている北海道における本線虫の発生は、馬鈴しょ生産及び輪作体系の崩壊を招きかねない重大な問題であり、本線虫のまん延を防止するためには、直ちに本線虫の防除技術を開発し、発生地域における密度低減を図る必要がある。

また、我が国が本線虫の発生国として認知された場合は、これまで馬鈴しょ等が輸入禁止であった国から馬鈴しょ等の輸入解禁を要請されるとともに、我が国の馬鈴しょ等の輸出が制限される可能性がある。

このため、本線虫の発生地域において、大規模なほ場における輪作体系の中でも実効性のある防除体系を確立するとともに、国際的に、我が国が本線虫の清浄国であることを認知させるため、根絶確認手法を開発する必要がある。

このため、本線虫発生地域の大規模ほ場での輪作体系に対し、線虫類の防除に有効な既往の各種技術を導入してその効果を検証するとともに、防除に掛かる経費のシミュレーション等を行い、それらを組み合わせた効果的な農家が受け入れられる防除体系マニュアルの作成を研究目的とする。

## 2 研究内容

### (1) 研究課題

#### 1) 中課題 1 : ジャガイモシロシストセンチュウの大規模ほ場における防除技術体系の確立

本線虫発生地域の大規模ほ場での輪作体系に対し、線虫類の防除に有効な既往の各種技術を導入してその効果を検証するとともに、防除に掛かる経費のシミュレーション等を行い、それらを組み合わせた効果的な農家が受け入れられる防除体系を提示する。

- ・小課題 1 : 化学的防除の実施と効果の検証【北海道立総合研究機構北見農業試験場、北海道】

ジャガイモシロシストセンチュウの高密度および低密度発生ほ場等において、線虫類の防除に有効な薬剤による土壌くん蒸処理を行い、適正な輪作体系下での線虫密度の低減効果を 3 カ年にわたって調査し、化学的防除の有効性を明らかにする。

具体的には、ジャガイモシロシストセンチュウに効果のある D-D 剤を 40L/10a かん注し、その後ナス科休閒緑肥、及び麦類、豆類等を適正に輪作する体系化のほ場を設定する。かん注の前後に土壌を採取し、卵密度の推移を調査するとともに、初年目では、かん注の前後の土壌を用いて馬鈴しょをポットによりそれぞれ栽培

してシストの付着状況を確認し、化学的防除効果を検証する。

- ・小課題 2：耕種的防除による線虫密度低減と効果の検証【農研機構北海道農業研究センター、北海道】

ナス科対抗植物のハリナスビ (*Solanum sisymbriifolium*) とトマト野生種 (*S. peruvianum*) はジャガイモシストセンチュウのふ化促進物質を根から分泌するものの、好適な寄主でないため、幼虫がふ化して根に侵入しても、全く成長できない。これによって、耐久態のシストから幼虫を一斉にふ化させ、幼虫を根に取り込んで死滅させ、線虫密度低減を図ることができる。本研究では、ジャガイモシロシストセンチュウの高密度および低密度発生ほ場等において、これら対抗植物および非寄主作物を適正な輪作体系下で 3 カ年にわたって栽培し、耕種的防除の有効性を明らかにする。

具体的には、ハリナスビ-非寄主作物（秋まき小麦等）-トマト野生種、あるいは、トマト野生種-非寄主作物-ハリナスビの 3 年輪作を行い、栽培後の土壌中の線虫密度と初期密度を比較し、線虫密度低減効果を明らかにする。従来のジャガイモシストセンチュウ対策として提案されている方法で栽培することを基本に、ジャガイモシストセンチュウより活動温度域が低い本種に適した播種時期や栽培期間についても検討する。

- ・小課題 3：物理的防除による感染源の低減効果の検証【北海道立総合研究機構北見農業試験場】

冬期間の圧雪（雪踏み）で土壌凍結を促進させることにより、本線虫の感染源となり得る野良イモ（収穫時に掘り残したイモが翌年に芽を出して雑草化したもの）をどの程度低減可能かを、オホーツク海沿岸部の輪作畑（本線虫未発生ほ場）で検証する。

具体的には、馬鈴しょ作付後の現地ほ場数カ所において、別課題で開発中の圧雪条件での土壌凍結深推定システムを活用して、野良イモ死滅に必要な凍結深 30cm を達成可能な適期に雪踏みを実施し、その後の凍結深の推移と翌年の野良イモ発生状況を調査する。この結果と冬期間の平均気温平年値などから、土壌凍結深制御による野良イモ駆除効果を定量的に評価し、当該地域における本技術の有効度を明らかにする。

なお、土壌凍結促進技術としては北農研センターが開発した V 羽根等による部分的除雪（雪割り）が十勝地域を中心に広く普及しているが、雪割りでは施工時に V 羽根等に付着した土壌がほ場外に拡散する危険性があるため、本小課題では土壌と接触しにくい施工法である「雪踏み」を検討対象とする。

- ・小課題 4：各種技術を組み合わせた防除体系の効果の検証【農研機構北海道農業研究センター、北海道】

上記 3 つの防除技術を同一ほ場で組み合わせて実施した場合の密度低減効果を、

年次ごと、処理条件ごとに明らかにし、最も効果的な防除技術体系を提示する。また、その時の密度低減値の最大値を明らかにするとともに、防除に掛かる経費のシミュレーション等を行う。なお、(1)化学的防除と(2)耕種的防除は同一の線虫発生は場で実施した実データを用い、(3)は別は場で実施した結果を本は場に適用したシミュレーションデータから判断する。経営的評価の検証には北海道農業生産技術体系(第4版)(平成25年北海道農政部食の安全推進局技術普及課編)を用いる。

(2) 年次計画

項目	平成28年度	平成29年度	平成30年度
1. ジャガイモシロシストセンチュウの大規模ほ場における防除技術体系の確立			
(1) 化学的防除の実施と効果の検証	化学的防除の実施（北海道） 化学的防除の効果の検証(北見農業試験場)		
(2) 耕種的防除による線虫密度低減と効果の検証	耕種的防除の実施（北海道） 耕種的防除の効果の検証(北農研センター)		
(3) 物理的防除による感染源の低減効果の検証	物理的防除の実施及び効果の検証（北見農業試験場）		
(4) 各種技術を組み合わせた防除体系の効果の検証	総合防除効果の検証(北農研センター)		
			経営的評価の検証(北海道)
所要経費（合計）	18,000 千円	13,807 千円	12,255 千円

(3) 実施体制

項目	担当研究機関	研究担当者	エフオーブ (%)
研究総括者	北海道  農研機構北海道農業研究センター	嶋原 博昭 (28年4月～ 29年3月) 紀井 親浩 (29年4月～ 30年3月) 奈良部 孝 (30年4月～)	25  25  10
1. ジャガイモシロシストセンチュウの大規模ほ場における防除技術体系の確立	農研機構北海道農業研究センター	○ 奈良部 孝	前出
(1) 化学的防除の実施と効果の検証	道総研北見農業試験場  北海道	△ 小野寺 鶴将 松村 康一 (28年4月～29年3月) 嶋原 博昭 (28年4月～29年3月) 紀井 親浩 (29年4月～)	10 10  前出 前出
(2) 耕種的防除による線虫密度低減と効果の検証	農研機構北海道農業研究センター 北海道	△ 伊藤 賢治  嶋原 博昭 (28年4月～29年3月) 紀井 親浩 (29年4月～)	10  前出 前出
(3) 物理的防除による感染源の低減効果の検証	道総研北見農業試験場	△ 中辻 敏朗	5
(4) 各種技術を組み合わせた防除体系の効果の検証	北海道農業研究センター 北海道	△ 奈良部 孝  嶋原 博昭 (28年4月～29年3月) 紀井 親浩 (29年4月～)	前出  前出 前出

研究担当者欄について、中課題担当者には○、小課題担当者には△を付すこと。

### 3 研究推進会議の開催状況

別紙の（１）のとおり

## 4 研究成果の概要

### (1) 主要な成果

ア 成果の内容（別紙の（2）参照）

（ア）化学的防除と耕種的防除を組み合わせたジャガイモシロシストセンチュウ（Gp）防除効果の解明

Gp 密度の低減効果は、現地ほ場試験により、D・D 剤処理による化学的防除単独で平均約 95%（p.10）、ナス科対抗植物栽培による耕種的防除単独で平均約 80%（p.17）となることを示した。土壌消毒 2 回＋対抗植物 1 回の組み合わせ防除によって、高密度ほ場においても、Gp 密度が検出限界以下まで低減することを示した（p.28）。トマト野生種と殺線虫剤（ホスチアゼート）の併用処理は、野良イモ多発ほ場においてトマト野生種単独の効果より卵残存率が小さくなり、野良イモでの Gp 増殖を抑制する効果が期待できた（p.17）。

（イ）線虫密度低減効果・生存線虫を確認するための手法

カップ検診法およびふ化促進物質法によって、土壌中から生存線虫のみを定量する手法を開発した（p.24）。

イ 成果の活用（別紙の（2）参照）

（ア）化学的防除と耕種的防除を組み合わせたジャガイモシロシストセンチュウ防除法

ジャガイモシロシストセンチュウの緊急防除における具体的な線虫密度低減方法として、平成 29 年度より現地の緊急防除において活用されている。トマト野生種と殺線虫剤（ホスチアゼート）の併用処理は平成 31 年度より実施予定である。

### (2) 各研究課題の成果

ア 中課題 1（ジャガイモシロシストセンチュウの大規模ほ場における防除技術体系の確立）の研究成果

（ア）工程管理及び成果目標

工程表
①線虫類の防除に有効な薬剤による土壌くん蒸処理を行い、適正な輪作体系下でのジャガイモシロシストセンチュウ（Gp）密度の低減効果を調査し、化学的防除の有効性を明らかにする（小課題 1 関連）。（平成 28～29 年度）
↓
前年度に引き続き、輪作体系下での Gp 密度の低減効果を明らかにする。さらに、平成 28～30 年までの 3 か年にわたる土壌くん蒸処理の有効性を Gp 密度の推移から総合的に評価する。（平成 30 年度）

②ジャガイモシストセンチュウ類の密度低減に有効なナス科対抗植物のハリナスビ (*Solanum sisymbriifolium*) およびトマト野生種 (*S. peruvianum*)、ならびに非寄主作物 (小麦、豆類等) を適正な輪作体系下で栽培し、Gp 密度の低減効果を調査して耕種的防除の有効性を明らかにする (小課題 2 関連)。(平成 28~29 年度)



前年度に引き続き、ナス科対抗植物を中心とした輪作体系下での Gp 密度の低減効果を明らかにする。さらに、平成 28~30 年までの 3 年にわたる耕種的防除法の有効性を Gp 密度の推移から総括的に評価する。(平成 30 年度)

③土壌凍結深制御による翌年の野良イモ低減効果を検証するため、現地ほ場において、冬期間の雪踏み実施の有無により、凍結深が異なる 2 つの処理区を設定するとともに、雪踏みで凍結深をどの程度促進できるかを明らかにする (小課題 3 関連)。(平成 28 年度)



前年度に設定した処理区において、野良イモの低減効果を検証する。また、前年度と同様の手法で、新たな現地ほ場において、凍結深が異なる 2 つの処理区を設定する。(平成 29 年度)



前年度に設定した処理区において、野良イモの低減効果を検証する。また、29、30 年度の検証結果と冬期間の平均気温平年値および積雪深平年値などから、オホーツク沿岸部における本技術の有効度を明らかにする。(平成 30 年度)

④小課題 1~3 の防除技術を同一ほ場で組み合わせて実施した場合の Gp 密度低減効果を、処理条件ごとに明らかにし、最も効果的な防除技術体系を提示する。小課題 1 と小課題 2 は同一の Gp 発生ほ場で実施した実データを用い、小課題 3 は別ほ場で実施した結果を本ほ場に適用したシミュレーションデータから判断する (小課題 4 関連)。(平成 28~29 年度)



平成 28~30 年までの 3 年にわたる防除体系の有効性を最終的な Gp 密度から総括的に評価する。防除に掛かる経費のシミュレーション等を行い、経営的評価を検証する。(平成 30 年度)

成果目標：本線虫発生地域の大規模ほ場での輪作体系に対し、線虫類の防除に有効な既往の各種技術を導入してその効果を検証するとともに、それらを組み合わせた効果的な防除体系を提示する。

(イ) 各工程の進捗状況及び成果

【工程表①】

ジャガイモシロシストセンチュウ (Gp) の発生が確認された網走市ののべ 20 ほ場において、土壌くん蒸剤 (D-D 剤、20～40L/10a、) の処理を実施したところ、処理後の残存密度は処理前に比較し 0～41.7% (平均：5.5%) に低下した。処理を実施したほ場のうち、ほとんどのほ場では高い防除効果が認められた。一方、残りの 3 ほ場では、残存率が 12.5～41.7%と効果がやや低く、その原因は不明であった。また、深度別の防除効果は、秋処理において 0～10cm の表層で線虫がやや多く残存する事例が認められたものの、それを除き、深度 40cm まで高い効果が認められた。

(成果の概要の補足)

平成 28 年の処理体系は、春処理 (6 月 7～14 日処理, 3 ほ場) あるいは秋処理 (9 月 28 日～10 月 5 日処理, 2 ほ場) とした (表 1-1)。

定点における卵あるいは 2 期幼虫の Pf/Pi (残存率=処理後密度/初期密度) は 0.7%～5.3%となり、土壌くん蒸剤の処理時期にかかわらず、いずれのほ場においても高い防除効果が認められた (表 1-2)。

深度別では、春処理は、いずれのほ場とも 0～40cm までの 2 期幼虫の遊出数は非常に少ないかあるいは認められず、効果は非常に高かった。秋処理も防除効果は高かったものの、0～10cm の表層に Gp がやや生残する傾向 (Pf/Pi=11.2%～29.2%) が認められた (図 1-1)。その原因は、秋処理が秋小麦収穫直後となったため、麦稈が土中に大量にすき込まれることとなり、D-D 剤処理直後の鎮圧が不十分となった可能性がある。

(平成 28 年度)

表 1-1 土壌くん蒸剤の処理日および処理日数 (平成 28 年)

供試圃場	土壌採取(処理前)	D-D処理	ガス抜き	土壌採取(処理後)	処理日数
圃場102	春 処理	6月7～8日	6月20日	6月24日	12日
圃場126		6月6日	6月22日		16日
圃場 52		6月14日	なし		10日
圃場 89	秋 処理	10月5日	なし	10月25日	20日
圃場 127		9月28日	なし		27日

表 1-2 D-D 処理ほ場の定点における卵あるいは 2 期幼虫密度の推移 (平成 28 年)

圃場	調査項目	処理時期とその前後の密度 <sup>a)</sup> (1g 乾土)					残存率(%)	
		5月18日	D-D	6月24日	9月26日	D-D		10月25日
圃場102	卵	13.9	6月8日	0.1			0.7%	
圃場126	卵	29.8	6月6日	0.05			1.5%	
	幼虫	3.7						
圃場52	卵	45.9	6月14日	2.3			5.0%	
圃場89	卵				17	10月5日	0.7	4.1%
圃場127	卵				76.2	9月28日	0.1	5.3%
	幼虫				1.9			

a) 卵密度は、定法により分離したシストを破壊して計数した。幼虫数は分離した卵のうち、ふ化促進物質 (ソラノエクレピン A) 処理約 10 日後にふ化した生存線虫のみを計数した。

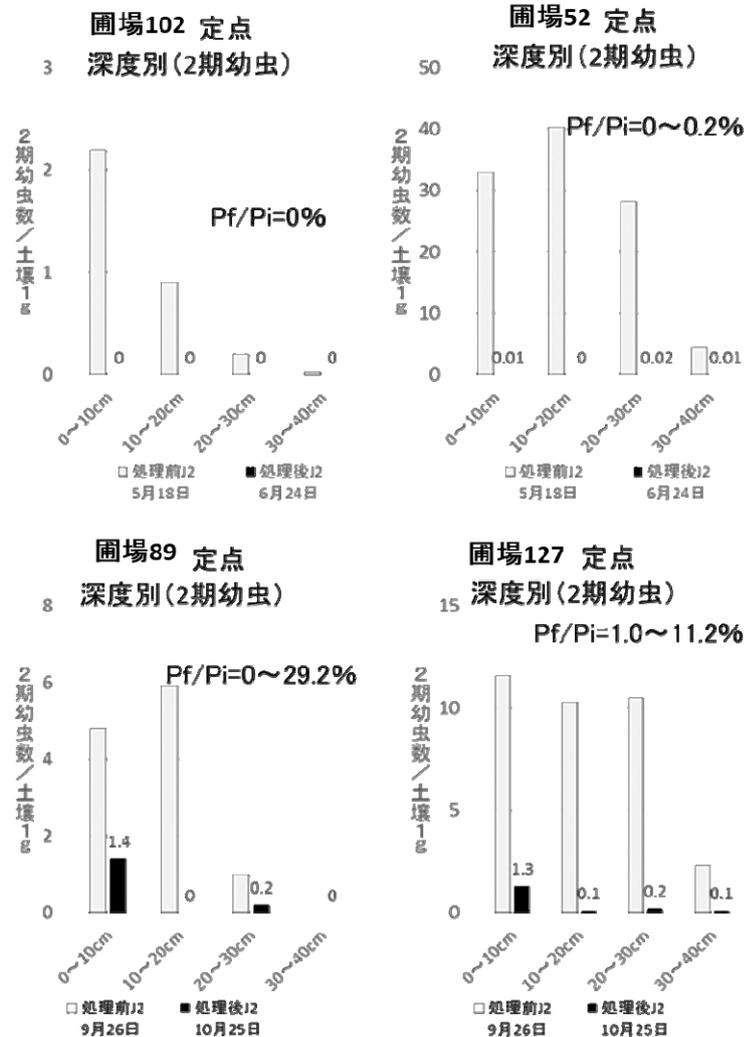


図 1-1 D-D 処理ほ場の深度別土壌サンプルにおける生存線虫 (2 期幼虫) 密度の推移 (平成 28 年)

2 期幼虫数は、分離したシスト内の卵をふ化促進物質 (ソラノエクレピン A) 処理し、約 10 日後にふ化した生存線虫のみを計数した。

平成 29 年は、平成 28 年に処理を開始した 5 ほ場に加え、新たに緊急防除の対象となった 10 ほ場において、防除効果を検証した。そのうち、土壌くん蒸剤（D-D 剤、40L/10a）を処理したほ場は、前年から引き継いだ圃場 52 および新たに選定した 7 ほ場の計 8 ほ場である（表 1-3,4）。

圃場 52 は、平成 28 年に D-D 剤処理および対抗植物栽培を実施したことにより、定点の卵密度がゼロとなった。平成 29 年に、さらに D-D 剤処理を実施し、根絶状態を確認する検出手順（小課題(4)で詳述）によりほ場全面の密度を調べたところ、線虫の卵は検出されなくなった（表 1-5）。次に、平成 29 年に対抗植物（トマト野生種「ポテモン」）を栽培した後に D-D 剤処理を実施した 4 ほ場（圃場 95, 146, 54, 33-1）では、D-D 処理による卵の残存率が 0～12.5%に低下した（表 1-5）。また、秋小麦収穫後に D-D 剤処理を実施した 3 ほ場（圃場 33-3, 148, 6-1）では、処理による卵の残存率が 0～1.5%に低下した（表 1-5）。防除効果は前年の傾向に類似したが、中には残存率 12.5%と効果がやや低いほ場があった。

（平成 29 年度）

表 1-3 土壌くん蒸剤の処理体系（平成 29 年）

供試ほ場	面積	作付けおよび防除処理		処理体系
		H28年	H29年	
圃場 52	494a	D-D⇒ポテモン⇒秋小麦	秋小麦⇒D-D	①
圃場 95	138a	秋小麦	ポテモン⇒D-D	②
圃場 149	482a	秋小麦,馬鈴しょ,てん菜		
圃場 54	382a	てん菜		
圃場 33-1	300a	てん菜	秋小麦⇒D-D	③
圃場 33-3	350a	緑肥⇒秋小麦		
圃場 148	643a	秋小麦,裸地		
圃場 6-1	152a	秋小麦	秋小麦⇒D-D	

注) ① : D-D 剤⇒ポテモン⇒D-D 剤 ② : ポテモン⇒D-D 剤 ③ : D-D 剤

表 1-4 土壌くん蒸剤の処理日および土壌採取日（平成 29 年）

処理体系	土壌採取日 (処理前)	D-D処理日	土壌採取日 (処理後)
対抗植物 →D-D体系	8月16日	8月17日～24日	10月4日
秋小麦 →D-D体系		9月中旬	

表 1-5 D-D 剤の処理による卵密度の推移および防除効果（平成 29 年）

供試圃場	平成29年				D-D処理 残存率	累積処理 残存率
	→(秋小麦)→	+	→D-D処理→	-		
圃場 52	→(秋小麦)→	+ <sup>※1</sup>	→D-D処理→	-	0%	0%
圃場 95	17.8卵	→対抗植物→	1.5卵	→D-D処理→	0卵 <sup>※2</sup>	0%
圃場149	12.5卵	→対抗植物→	3.1卵	→D-D処理→	0.1卵	12.5%
圃場 54	29.3卵	→対抗植物→	1.6卵	→D-D処理→	0卵 <sup>※2</sup>	0%
圃場 33-1	10.5卵	→対抗植物→	0.5卵	→D-D処理→	0卵 <sup>※2</sup>	0%
圃場 33-3		→	0.4卵	→D-D処理→	0卵	0%
圃場148		→	34.7卵	→D-D処理→	0.3卵	1.5%
圃場6-1		→	17.7卵	→D-D処理→	0.2卵	1.0%

注) 卵密度は定点 4 か所の平均、卵数/乾土 g

※1：根絶確認手順によりほ場の一部に線虫残存

※2：ふ化促進物質を使用した調査によりわずかに線虫検出

D-D 処理卵残存率：D-D 処理後卵密度/D-D 処理前卵密度

累積処理卵残存率：D-D 処理後卵密度/試験開始前卵密度

平成 30 年は、新たに 7 ほ場を選定し、土壌くん蒸剤（D-D 剤）処理による防除効果を検証した。このうち 4 ほ場（圃場 55-1, 115-1, 115-2, 116）は D-D 剤処理の後に対抗植物（トマト野生種「ポテモン」）を栽培する体系、1 ほ場（圃場 150）は前年に対抗植物を栽培し当年の秋小麦の収穫後に D-D 剤を処理する体系、2 ほ場（圃場 6-2, 33-4）は対抗植物の栽培後に D-D 剤を処理する体系である（表 1-6,7）。処理量は前年までと同様に 40L/10a を基本とし、圃場 115-2 のみ 20L/10a を処理した。

D-D 剤処理の後に対抗植物を栽培した 4 ほ場のうち圃場 116 は定点における処理後の卵密度がゼロとなった。残りの 3 ほ場（圃場 55-1, 115-1, 115-2）は、処理後の卵残存率が 0～2.1%と高い防除効果を示した。ただし、これらの 3 ほ場はふ化促進物質を使用した調査によりわずかにふ化幼虫が認められた。なお、D-D 剤の処理量を 20L/10a に減じたことによる（圃場 115-2）防除効果の低下は認められなかった（表 1-8）。

秋小麦の収穫後に D-D 剤を処理した圃場 150 は、処理後の卵の残存率が 56.7%と高かった。この原因は、先行して平成 29 年にポテモンを栽培し、処理前の卵密度が極めて低かったため、残存率が大きくふれた可能性があり、考察から除いた。

ポテモンを栽培した後に D-D 剤を処理した 2 ほ場（圃場 6-2, 33-4）は、処理後の卵の残存率が 20.8%～41.7%と防除効果がやや低かった。この原因は不明である。

平成 30 年の処理により卵密度が検出限界に近づいたほ場では、さらに根絶状態を確認する必要がある。

（平成 30 年度）

表 1-6 土壌くん蒸剤の処理体系（平成 30 年）

供試ほ場	面積	作付けおよび防除処理		総処理回数
		H29年	H30年	
圃場55-1	314a	てん菜	D-D剤⇒ポテモン	D-D剤×1回 + 捕獲作物×1回
圃場115-1	471a			
圃場115-2				
圃場116	426a	ポテモン⇒秋小麦	秋小麦⇒D-D剤	
圃場150	160a			
圃場6-2	659a	てん菜	ポテモン⇒D-D剤	
圃場33-4	300a			

表 1-7 土壌くん蒸剤の処理日および土壌採取日（平成 30 年）

処理体系	土壌採取日 (処理前)	D-D剤処理日	土壌採取日 (処理後)
D-D剤→ 対抗植物体系	5月23日	6月19日～20日	7月10日
秋小麦→ D-D剤体系	8月22日	9月1日	9月26日
対抗植物 →D-D剤体系		8月24～25日	

表 1-8 D-D 剤の処理による卵密度の推移および防除効果（平成 30 年）

供試圃場	平成30年				D-D処理 残存率	累積処理 残存率
	卵密度	処理	卵密度	処理		
圃場55-1	1.0卵	→D-D処理→	0卵 <sup>※2</sup>	→ポテモン→	0.01卵	0% <sup>※2</sup> 1.1%
圃場115-1	5.6卵	→D-D処理→	0.1卵	→ポテモン→	0卵	1.2% 0%
圃場115-2	3.2卵	→D-D処理→	0.1卵	→ポテモン→	0.03卵	2.1% 0.9%
圃場116	1.3卵	→D-D処理→	0卵	→ポテモン→	0卵	0% 0%
圃場150		→(秋小麦)→	0.5卵	→D-D処理→	0.3卵	56.7%
圃場6-2	16.5卵	→ポテモン→	2.4卵	→D-D処理→	0.5卵	20.8% 3.0%
圃場33-4	42.0卵	→ポテモン→	16.3卵	→D-D処理→	6.8卵	41.7% 16.2%

注) 卵密度は定点 4 か所の平均、卵数/乾土 g

※1: 根絶確認手順によりほ場の一部に線虫残存

※2: ふ化促進物質を使用した調査によりわずかに線虫検出

D-D 処理卵残存率: D-D 処理後卵密度/D-D 処理前卵密度

累積処理卵残存率: D-D 処理後卵密度/試験開始前卵密度

### 【工程表②】

ジャガイモシロシストセンチュウ (Gp) が発生している現地生産者ほ場において、ナス科対抗植物の栽培を実施したところ、ハリナスビとトマト野生種(「ポテモン」)は現地ほ場においても Gp 抑制に必要な株立ち数と生育量が確保できることがわかった(図 2-1)。また、対抗植物栽培により Gp 卵密度は減少し、非寄主作物の小麦栽培に比べて卵残存率は大きく低下した(表 2-1)。

(平成 28 年度)

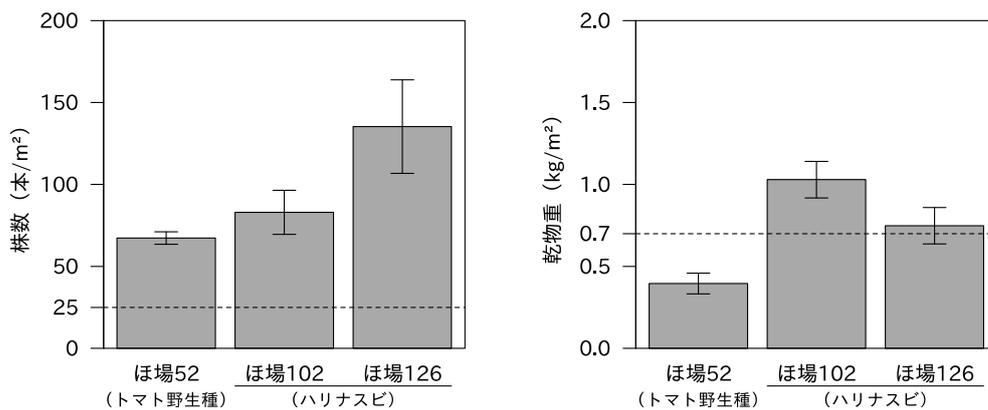


図 2-1 網走現地ほ場で栽培したナス科対抗植物の生育状況（平成 28 年）

各ほ場の 3 箇所を坪刈りして 1m<sup>2</sup>あたりの株数と生草重を計測し、生草重は乾物重に換算した。「株数=25」および「乾物重=0.7」の破線はハリナスビが Gp 密度低減効果を発揮するのに必要とされる生育量を示す(トマト野生種については明確な基準はないが、乾物重 0.3~0.5kg/m<sup>2</sup>で効果が確認されている)。

表 2-1 ナス科対抗植物栽培による Gp 卵密度低減効果 (平成 28 年)

供試ほ場	調査地点数	対抗植物 (栽培期間)	卵密度(個/1g 乾土)*		卵残存率 (秋/春)
			春	秋	
圃場 52	4	トマト野生種 (7/14~9/6)	2.3± 1.1	0.0± 0.0	0.0%
圃場 102	4	ハリナスビ (6/28~9/5)	0.1± 0.1	0.0± 0.0	0.0%
圃場 126	5	ハリナスビ (6/28~9/6)	13.6±14.5	0.3± 0.2	2.2%
圃場 89	4	(秋まき小麦)	51.9±32.4	17.0±11.8	34.1%
圃場 127	4	(秋まき小麦)	93.7±20.1	76.2±16.1	82.1%

\* 卵密度は各ほ場内に設置した 4~5 か所の定点で調査した。春の採土は 6/24 (圃場 52, 102, 126 ; 春くん蒸処理後) または 5/18 (圃場 89, 127 ; 春くん蒸なし)。秋の採土は 10/25 (圃場 52, 102, 126 ; 秋くん蒸なし) または 9/26 (圃場 89, 127 ; 秋くん蒸処理前)。

平成 29 年は Gp が発生している現地生産者ほ場において、エアシーダーによる播種一除草剤 (土壌処理剤) 処理体系によるトマト野生種の栽培を実施した (緊急防除ほ場約 300ha)。調査したほ場の大部分は Gp 抑制に必要な株立ち数と生育量が確保できしており、本栽培体系の有効性が確認された。一部ほ場に出芽ムラが認められ、また、一部ほ場では野良も (前年度以前のいもが収穫されずほ場に残留して雑草化したもの) が播種した野生トマト以上に繁茂している場所も見受けられ、今後対応策の検討が必要である。密度調査を実施した 7 ほ場については、卵残存率は栽培前の 4~25% に低下しており (表 2-2)、ナス科対抗植物栽培単独でも十分な密度抑制効果が得られた。現地ほ場で実施したトマト野生種半量播種試験では、標準播種量と同等の生育量が得られ、一定の Gp 抑制効果があった (表 2-3)。実用的には、本年の緊急防除において標準の 7 割の播種量で十分な Gp 抑制効果が得られている。(平成 29 年度)

表 2-2 網走現地 7 ほ場の 4 定点におけるトマト野生種栽培前後の Gp 卵密度 (平成 29 年)

供試ほ場	卵密度(個/1g 乾土)		卵残存率 (栽培後/前)
	栽培前	栽培後	
圃場 33	10.5± 3.1	0.5±0.4	5.0%
圃場 54	29.3±10.7	1.6±0.3	6.6%
圃場 95	17.8± 7.5	1.5±0.8	9.7%
圃場 103	2.9± 2.1	0.1±0.1	4.6%
圃場 107	10.9±14.9	0.3±0.3	3.9%
圃場 119	18.8± 5.0	1.4±0.8	7.7%
圃場 149	12.5± 1.5	3.1±3.2	25.3%

各ほ場の事前調査により卵密度の多かった定点 4 点を設定し、栽培前後で同じ場所から土壌を採取した。

表 2-3 トマト野生種半量播種の線虫卵密度低減効果（平成 29 年）

処理	播種量 (g/10a)	乾物重 (g/m <sup>2</sup> )	卵密度(個/1g 乾土)		卵残存率 (栽培後/前)
			栽培前	栽培後	
対照	-	-	65.0±33.4	27.7± 4.0	54.4%
標準播種	1,000	324± 42	72.7±51.5	12.7±11.0	17.2%
半量播種	500	427± 87	54.7± 4.7	13.0±11.1	22.8%
試験区外定点 (機械播種)	700	652±125	32.7±40.3	1.7± 1.9	3.4%

試験は圃場 107 で実施、対照はイネ科緑肥を栽培。

平成 30 年は、現地 Gp 発生ほ場において耕種的防除を実施し、単独処理と連作、殺線虫剤を組み合わせた場合の密度低減効果を調査した（表 2-4）。トマト野生種栽培後の卵残存率は調査対象ほ場の平均で 20.6%となり（連作 2 作目、殺線虫剤併用処理も含むが、卵残存率が正しく計算できなかった圃場 34、103(2)、116、162、163 は除外）、防除目標である卵残存率 20%以下をわずかに達成できなかった。天候不順や病害発生などによりトマト野生種の生育量が少なかったことが原因と考えられる（生育調査を実施しなかったが、達観では今年の半分以下の生育量と推察された）。処理別の平均卵残存率は表 2-5 の通りであった。トマト野生種と殺線虫剤（ホスチアゼート）の併用処理は、有意差はなかったものの、野良イモ多発ほ場（圃場 33）においてトマト野生種単独の効果より卵残存率が小さくなり、野良イモでの Gp 増殖を抑制する効果が期待された。トマト野生種連作の 2 作目（殺線虫剤併用）では卵残存率が約 14%となり 1 作目と同等の密度低減効果が観察された。秋まき小麦後の 8 月 24 日にトマト野生種を播種したほ場では、出芽数が約 170 本/m<sup>2</sup>と良好であったが（表 2-6）、雑草の繁茂と疫病の発生により生育調査にいたらなかった。

平成 28～30 年の調査における対抗植物栽培による Gp 密度低減効果は、Gp 発生程度との間に相関関係はみられず、ほとんどの定点において一定の効果（残存率 20%以下）が得られた。（図 2-2）。ただし、生育不良が多かった平成 30 年の調査地点や野良イモ多発ほ場で 20%を超える残存率が観察された。対抗植物栽培による Gp 防除効果を向上させるには、十分な生育の確保や野良イモ対策が重要であると考えられた。

（平成 30 年度）

表 2-4 現地 Gp 発生ほ場における対抗植物栽培後の Gp 卵密度の推移 (平成 30 年)

ほ場番号 <sup>a)</sup>	ナス科対抗植物と追加処理 <sup>b)</sup>	卵密度(個/g 乾土) <sup>c)</sup>		卵残存率 <sup>c)</sup> (栽培後/前)
		防除前	防除後	
圃場 6	トマト野生種	16.5± 5.4	2.4±1.5	18.0±18.2%
	トマト野生種+殺線虫剤	72.8±21.1	17.0± 9.8	27.8±23.7%
圃場 33	トマト野生種	42.0±28.3	16.3±14.2	34.8±17.1%
	トマト野生種+殺線虫剤 <sup>d)</sup>	28.2±23.5	3.1±3.1	9.5±8.4%
圃場 34	トマト野生種連作 2 作目+殺線虫剤	(0.9±1.3) <sup>e)</sup>	0.54±0.81	(51.9±49.5%)
圃場 55	トマト野生種(D-D 処理後)	0.00±0.00	0.01±0.02	25.0±50.0% <sup>f)</sup>
圃場 103(2)	トマト野生種	0.80±1.47	0.75±1.50	937±1875% <sup>g)</sup>
圃場 103(3)	トマト野生種連作 2 作目+殺線虫剤	2.00±1.22	0.25±0.50	8.3±16.7%
圃場 107	トマト野生種連作 2 作目+殺線虫剤	2.96±1.89	0.82±0.89	20.1±16.1%
圃場 162	トマト野生種	(0.3±0.2) <sup>e)</sup>	0.23±0.40	(381.0±740.0%)
圃場 163	トマト野生種	(0.2±0.4) <sup>e)</sup>	0.00±0.00	(0.0±0.0%)
圃場 115	トマト野生種(D-D 処理後)	0.07±0.11	0.00±0.00	0.0±0.0%
	トマト野生種(D-D 半量処理後)	0.07±0.05	0.03±0.04	41.7±63.1%
圃場 116	トマト野生種(D-D 処理後)	0.00±0.00	0.00±0.00	—

- a) 各ほ場 4 か所 (2 処理実施したほ場は各処理 4 か所、計 8 か所) の定点を設置し、定点周辺 9 か所の土壌を採集し混合して各定点の供試サンプルとした。ほ場番号のカッコは枝番。
- b) 品種は「ポテモン」、栽培時期は 6 月中旬播種～8 月中旬すき込み。
- c) 数値はほ場または処理ごとに計算した 4 定点の平均値±標準偏差。
- d) 播種時にホスチアゼート (ネマトリンエース粒剤) 20kg/10a 全面土壌混和。
- e) 卵密度の代わりに、分離された卵に孵化促進物質を処理して孵化した幼虫を計数 (生存卵の指標となるが、生存卵であっても 100%孵化しないことに注意)。
- f) 防除前密度が 0 の場合、防除後密度が 0 の定点は残存率 0%、防除後密度が 1 以下の定点は残存率 100%として計算した。
- g) 1 定点で栽培前後の卵密度が 0.08 から 3 (3750%増) になったことが原因で、この外れ値を除いた 3 定点の残存率は 0%であった。

表 2-5 対抗植物栽培と組み合わせ処理による Gp 防除効果 (平成 30 年) a)

対抗植物 <sup>b)</sup>	殺線虫剤 <sup>c)</sup>	調査ほ場 <sup>a)</sup>	卵残存率 <sup>d)</sup> (栽培後/前)
トマト野生種	無処理	33, 6, 55, 115(2 区)	23.9%
トマト野生種	ホスチアゼート	6, 33	18.7%
トマト野生種 2 作目	ホスチアゼート	103(3), 107	14.2%

- a) 表 2-4 のうち、卵残存率が正しく計算できたほ場のみ集計した。

表 2-6 秋まき小麦後のトマト野生種栽培における出芽状況（平成 30 年）<sup>a)</sup>

種子処理 <sup>b)</sup>	被覆処理 <sup>c)</sup>	出芽数(本/m <sup>2</sup> )	出芽率 <sup>d)</sup>
無処理	無処理	171.5	30.2%
無処理	被覆	160.0	28.2%
ジベレリン	無処理	163.0	28.7%
ジベレリン	被覆	174.5	30.7%

a) 慣行の方法で 8 月 24 日播種（除草剤無散布）、出芽調査は 9 月 18 日。

b) ジベレリン溶液種子浸漬（5 分間）。

c) 被覆資材（白色不織布）を播種直後に被覆（51 日間）。

d) 播種量は 1m<sup>2</sup> あたり 340g（568 粒）。

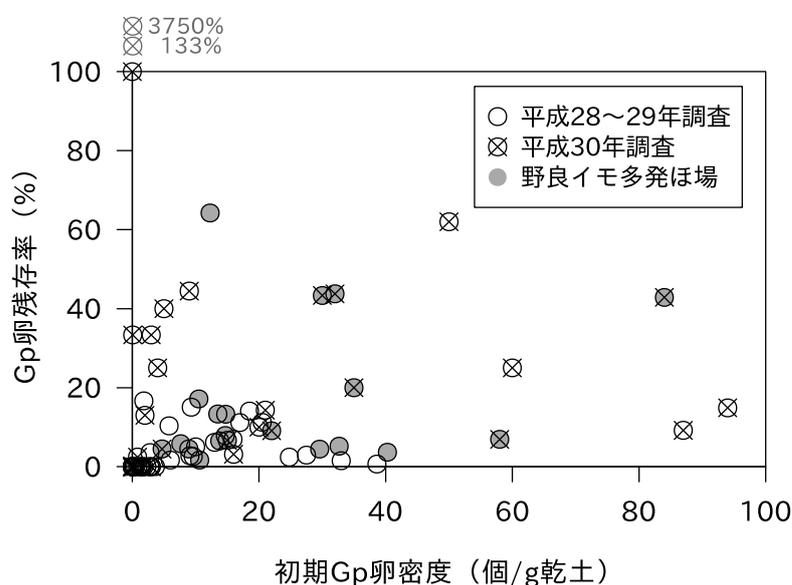


図 2-2 対抗植物栽培ほ場定点における Gp の初期密度と栽培後卵残存率（平成 28～30 年）

平成 28～30 年に調査したほ場の各定点データをプロット（定点は表 2-4 の注釈 a 参照）。

### 【工程表③】

本線虫の発生地域と気象条件が類似したオホーツク海沿岸地域の生産者ほ場 4 か所において、平成 28～29 年および 29～30 年の 2 シーズンに渡り、冬季間の雪踏みによる土壤凍結深制御が野良イモ低減に及ぼす効果を検討した。その結果、雪踏み区（3～5 回実施）の最大凍結深は 16～35cm で、野良イモ死滅に必要とされる凍結深 30cm には 3 事例で達しなかった。ただし、雪踏み区の野良イモ発生数および発生率は、対照区よりも少ない傾向となり、野良イモ低減に対する雪踏みの効果が一定程度認められた。

(成果の概要の補足)

平成 28 年～29 年の冬期間は、網走市音根内地区の 2 ほ場（それぞれ圃場 A、圃場 B と表記）において、雪踏み区と対照区を設置し、試験開始時のほ場残存イモ数（深さ 30cm まで、直径 2cm 以上の塊茎）と、冬期間における各処理区の土壤凍結深の推移を測定した。雪踏みは平成 28 年 12 月 7 日、11 日、15 日、平成 29 年 1 月 25 日の 4 回、タイヤ連結式ローラー（タイヤ直径 1m、ローラー幅 3m）をトラクタで牽引して行った（1 月 25 日のみ、小型クローラを使用）。

越冬前のほ場残存イモ数は、圃場 A では 1100 個/10a、圃場 B では 500 個/10a であり、これらは馬鈴しょ収穫跡地の標準的な残存イモ数の範囲内であった。

2 月中旬時点での最大凍結深は、圃場 A および圃場 B とともに対照区（雪踏みなし）が 4cm であったのに対し、雪踏み区では 16cm と、野良イモの死滅に必要とされる凍結深 30cm には到達しなかったものの、明らかに土壤凍結が深かった（図 3-1）。

(平成 28 年度)

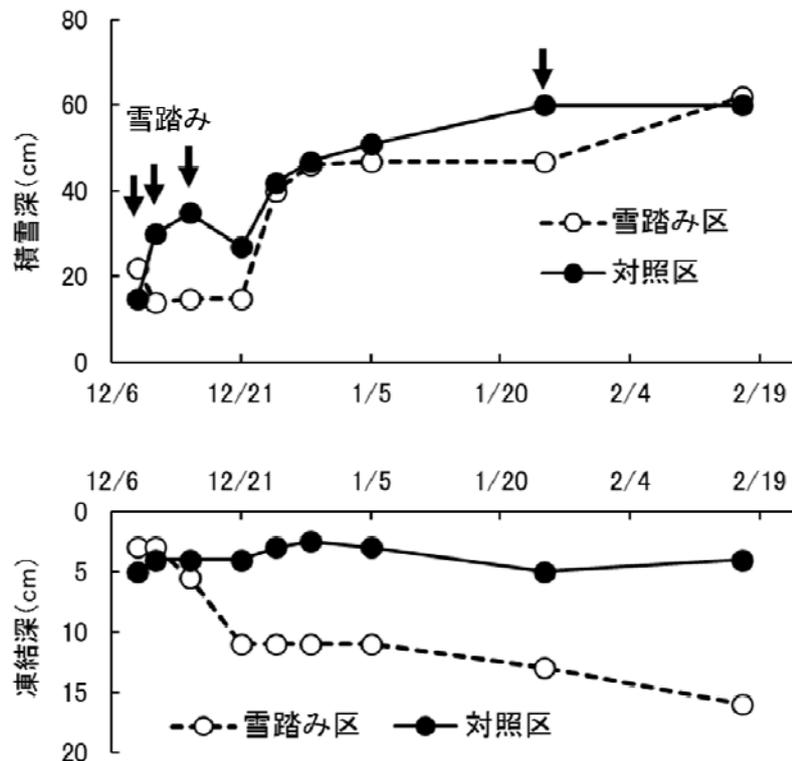


図 3-1 冬季間（平成 28 年 12 月～29 年 2 月）の土壤凍結深の推移（圃場 B の例）

平成 28 年～29 年の冬期間に雪踏みにより土壌凍結促進を行った 2 ほ場において、平成 29 年 7 月 6 日に越冬前残存イモから出芽した野良イモの発生を調査した。圃場 A では対照区（雪踏みなし）の野良イモ発生率が 6%であったのに対し雪踏み区では 2%と低く、圃場 B においても対照区の発生率が 24%に対して雪踏み区は 2%であり、いずれのほ場とも雪踏みによる野良イモ低減効果が認められた（表 3-1）。

平成 29～30 年の冬季間は、線虫発生地区の網走市音根内および昭和の 2 ほ場（それぞれ圃場 C、圃場 D と表記）において、雪踏みによる土壌凍結深制御が野良イモ低減に及ぼす効果を検討した。いずれのほ場とも雪踏み区および対照区を設置し、試験開始時のほ場残存イモ数（深さ 30cm まで、直径 2cm 以上の塊茎）と、冬期間における各処理区の土壌凍結深の推移を測定した。

越冬前のほ場残存イモ数は、圃場 C で 3,600 個/10a、圃場 D では 900 個/10a であった。雪踏みは圃場 C では平成 29 年 12 月 6 日、9 日、15 日、平成 30 年 1 月 1 日、14 日の 5 回、タイヤ連結式ローラー（タイヤ直径 1m、ローラー幅 3m）により実施し、圃場 D では平成 29 年 12 月 8 日、18 日、平成 30 年 1 月 13 日の 3 回、ケンブリッジローラーにより実施した。平成 30 年 2 月中旬時点での土壌凍結深は、圃場 C の対照区（雪踏みなし）が 18cm であるのに対し、雪踏み区では 35cm と十分な土壌凍結深が得られた。また圃場 D では、前者が 17cm であったのに対し、後者が 26cm に達した（図 3-2）。

（平成 29 年度）

表 3-1 冬期間の雪踏みによる土壌凍結促進が翌年の野良イモ発生に及ぼす効果

	越冬前ほ場 残存イモ数 <sup>1)</sup> (個/10a)	処理区	最大 土壌凍結深 (cm)	野良イモ 発生数 <sup>2)</sup> (株/10a)	野良イモ 発生率 <sup>3)</sup> (%)
圃場 A	1100	雪踏み	16	20	1
		対照	4	70	6
圃場 B	500	雪踏み	16	10	2
		対照	4	120	24

1) 土壌深度 30cm までに残存した直径 2cm 以上のイモ数. 2016 年 11 月 14 日調査.

2) 2017 年 7 月 6 日調査.

3) 野良イモ発生数/越冬前ほ場残存イモ数×100

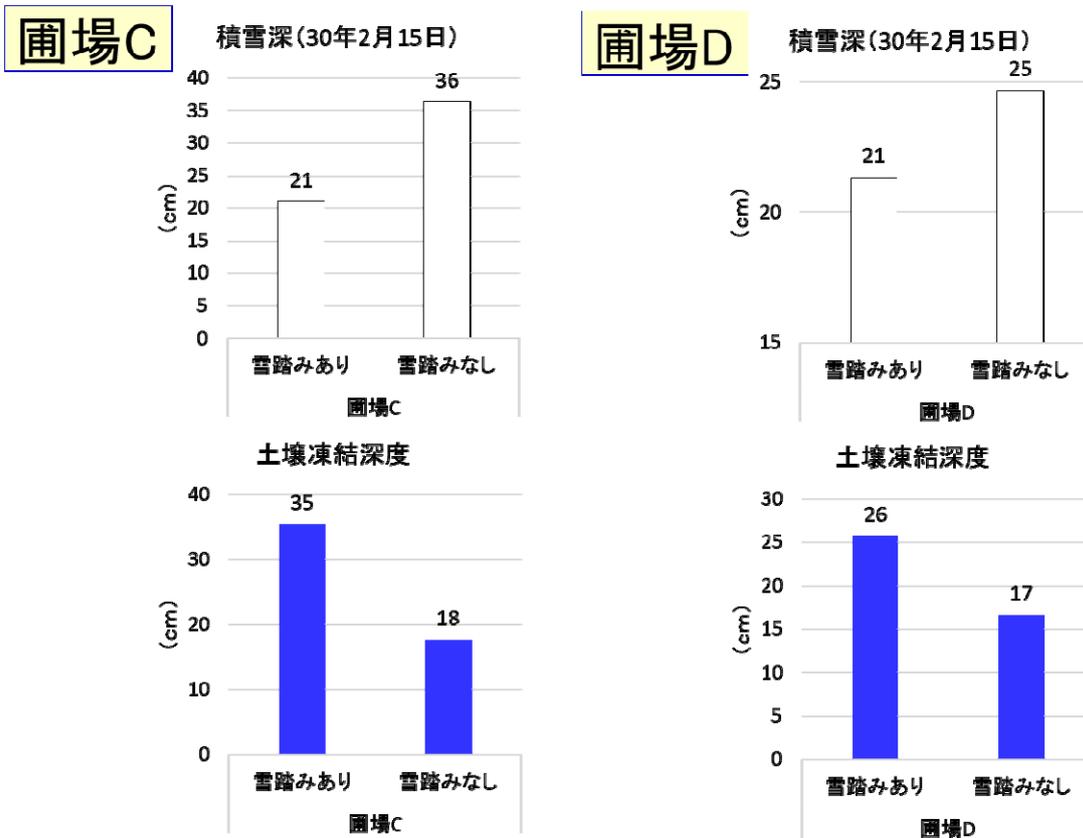


図 3-2 冬季間の積雪深および土壤凍結深 注) 平成 30 年 2 月 15 日調査

平成 29 年～30 年の冬期間は、雪踏みにより土壤凍結促進を行った 2 ほ場において、平成 30 年 7 月 2 日に越冬前残存イモから出芽した野良イモの発生を調査した。圃場 C では対照区（雪踏みなし）および雪踏み区ともに野良イモは発生しなかった。圃場 D では対照区の発生率が 1%に対して雪踏み区は 0%と野良イモの発生率は低下する傾向が認められた（表 3-2）。（平成 30 年度）

表 3-2 冬期間の雪踏みによる土壤凍結促進が翌年の野良イモ発生に及ぼす効果

圃場	越冬前ほ場 残存イモ数 <sup>1)</sup> (個/10a)	処理区	最大	野良イモ	野良イモ
			土壤凍結深 (cm)	発生数 <sup>2)</sup> (株/10a)	発生率 <sup>3)</sup> (%)
圃場 C	900	雪踏み	35	0	0
		対照	18	0	0
圃場 D	3600	雪踏み	26	0	0
		対照	17	30	1

1) 土壤深度 30cm までに残存した直径 2cm 以上のイモ数. 2017 年 11 月 27 日調査.

2) 2018 年 7 月 2 日調査.

3) 野良イモ発生数/越冬前ほ場残存イモ数×100

【工程表④】

ジャガイモシロシストセンチュウ (Gp) が発生している現地生産者ほ場において、春に土壤くん蒸剤 (D-D 剤) 処理を行い、続いて約 70 日間のナス科対抗植物 (ハリナスビ「ロケットリーフ」またはトマト野生種「ポテモン」) 栽培を組み合わせ実施した「防除パターン A」と、コムギ栽培後秋に土壤くん蒸剤 (D-D 剤) 処理を実施した「防除パターン B」の効果を比較した (図 4-1)。

その結果、防除パターン A では、実施した 3 ほ場のほとんど全ての調査地点で、検出卵数がゼロとなり、高い防除効果が認められた。防除パターン B でも、実施した 2 ほ場の全ての調査地点で卵密度が大きく減少しており、防除効果は高かったが、ほぼ全地点で残存卵が確認された (表 4-1)。ほ場深度別で見ると、防除パターン A では 0-40cm まで全ての層でまんべんなく生存 Gp が検出されなかったが、防除パターン B では全層から生存 Gp が検出され、特に表層での生存 Gp が目立った (表 4-2)。

(平成 28 年度)

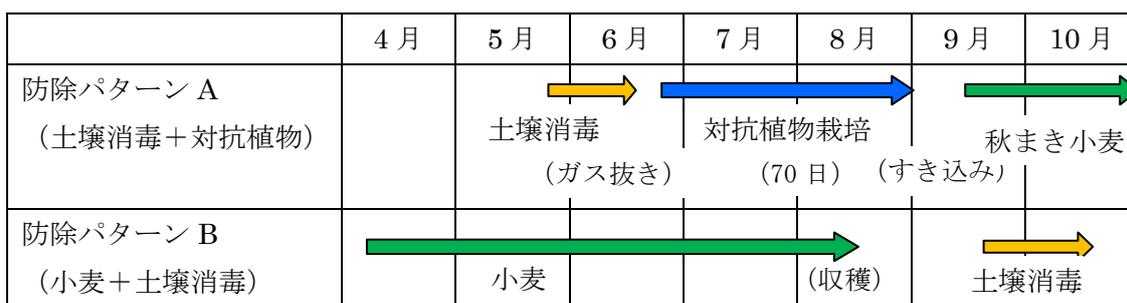


図 4-1 土壤消毒を核とした Gp 密度低減のための栽培体系

表 4-1 試験実施 5 ほ場の処理前・後の Gp 卵密度の推移

	W 字法 (100 点/ha 土壤混合) a)								定点 (ほ場内 4 点) b)									
	処理前 5/18				処理後 10/25				処理前 5/18				処理後 10/25					
地点	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
防除パターン A																		
圃場 102	14	8	8	4	→	0	0	0	0	9	30	13	3	→	0	0	0	0
圃場 126	0	34	19	-	→	0	0	0	-	10	2	39	9	→	1	0	0	0
圃場 52	21	38	66	33	→	0	0	0	0	30	25	59	70	→	0	0	0	0
防除パターン B																		
圃場 89	14	7	20	33	→	1	1	1	2	14	47	55	92	→	0	0	1	2
圃場 127	47	8	2	7	→	5	2	2	2	76	118	79	102	→	8	19	18	23

a) W 字法 (サンプリング法) : 約 4ha のほ場を 4 分割 (圃場 126 では約 3ha のほ場を 3 分割) し、1ha あたり 15g x 100 点の土壤をほ場をジグザグ (W 字) に歩きながらサンプリングし、混合して 1 サンプルとした (図 4-2、2))。卵密度の数字は、乾土 1g あたりの卵数。

b) 定点法 : 予備調査で Gp 密度の高い 4 地点をあらかじめ選定。各定点 90gx9 点の土壤採取

表 4-2 深度別土壌サンプルにおける防除処理前後の生存 Gp 密度推移

土壌深度	処理前 5/18 (9/26)生存線虫 <sup>a)</sup>				処理後 10/25 生存線虫				
	地点 A	B	C	D	地点 A	B	C	D	
圃場 52 (防除パターン A)									
0-10cm	15	8.6	65	43	→	0.0	0.0	0.0	0.0
10-20cm	33	10	82	36	→	0.0	0.0	0.0	0.0
20-30cm	17	22	41	33	→	0.0	0.0	0.0	0.1
30-40cm	13	0.4	1.0	3.2	→	0.0	0.0	0.0	0.0
圃場 127 (防除パターン B)									
0-10cm	7.3		16.8		→	0.2	2.8	0.6	1.7
10-20cm	8.3		13.2		→	0.3	0.0	0.1	0.0
20-30cm	7.9		14.0		→	0.3	0.2	0.0	0.1
30-40cm	0.5		4.2		→	0.2	0.2	0.0	0.2

a) 定法により土壌からシスト卵を分離し、 $10^{-9}$  g/ml のソラノエクレピンA溶液に約 10 日間浸漬処理後、ふ化幼虫数をベルマン法で分離し計数

平成 29 年度は、土壌くん蒸剤 (D-D 剤) 処理とナス科対抗植物 (ハリナスビ「ロケ ットリーフ」またはトマト野生種「ポテモン」) 栽培をそれぞれ 1 回以上組み合わせ て防除を実施した 9 ほ場を対象に、より高精度なサンプリング法および生存線虫検出法 を組み合わせ、生存 Gp の有無を調査した。

サンプリング法：ほ場を 5×5 の 25 分割し、25 グリッドの中心点付近 9 カ所から計 約 800g の土壌を採集し、グリッドごとに全土壌を調査する手法 (25 点グリッド法) を実施した (図 4-2, 3))。なお、地形・形状により、20~29 地点の範囲で増減したほ 場もあった。

生存線虫検出法：1) カップ検診法：250ml 透明カップに 125ml の土壌を詰め、Gr 抵抗性品種 (Gp 感受性品種) を植え付け、暗黒で 18℃約 70 日培養後、カップの底面・ 側面越しに検出されるシスト数を計数した (3 反復)。

2) ふ化促進物質法：定法により土壌 100g からシスト卵を分離し、ソラノエクレピ ンA溶液に 7 日間浸漬処理後、ふ化幼虫数を計数した (2~3 反復)。

3) 種特異的プライマーを用いた PCR 反応：定法により土壌からシストを分離し、 シスト内の卵または幼虫を破碎し、線虫 DNA を鋳型とした PCR 反応により、種特異 的バンドの検出の有無から生存 Gp の有無を判別した。

その結果、合計 3 回防除 (D-D 剤 2 回+対抗植物 1 回、1 ほ場) または 2 回防除 (D-D 剤 1 回+対抗植物 1 回、8 ほ場) を実施したほ場は、防除実施前と比較し防除後は Gp 検出地点数、検出数とも大幅に減少し (表 4-3、図 4-3)、防除の有効性が確認できた。 防除後のカップ検診法 (図 4-3 の 2)) では 3 ほ場 (圃場 33, 52, 102) で全調査地点の

生存検出数がゼロとなったものの、ふ化促進物質法（図 4-3 の 3））では、9 ほ場ともいずれかの地点で生存線虫が検出された。ふ化促進物質法は生存線虫検出感度がカップ検診法より高いと考えられる。

さらに、平成 29 年度は、何らかの Gp 防除を実施した 111 ほ場から 8 歩幅法（ほ場全体を 8 歩幅で歩き、1 地点あたり 10g の土壌を採取し、全地点の土壌を混合して 1 サンプルとするサンプリング法；図 4-2, 1)）により土壌を採取し、カップ検診法とふ化促進物質法によって生存線虫の有無を調査した。この結果、3 回防除を実施した 4 ほ場はすべて、両手法とも生存線虫検出ゼロであった。一方、2 回防除を実施した 34 ほ場のうち、生存線虫検出数が両手法でゼロとなったほ場は 13 で、残り 21 ほ場は両検出法のうち、少なくとも一方の手法で生存線虫が検出された（表 4-4）。このことから、現地ほ場の Gp を検出限界以下に密度低減するためには、3 回防除が有効であり、2 回防除では不十分なほ場があることが分かった。

なお、111 ほ場全体では、カップ検診法で生存線虫が検出されたのは 57 圃場、ふ化促進物質法で検出されたのは 67 圃場だった（表 4-4）。両手法による検出割合（検出感度）は同等か、ふ化促進物質法がやや優ると考えられる。一方、PCR 法では 111 ほ場中 93 ほ場で分離シストから Gp または Gr の特異的バンドが検出された。他の 2 手法の傾向と比較すると、PCR 法は死亡卵からも DNA を増幅している可能性があり、現状では PCR 法は生存 Gp 検出には不向きと考えられる。しかし、発生種の特定には有効であり、今回の調査ほ場 111 のうち、Gp のみ検出されたほ場割合は 44%、Gp と Gr 両方が検出されたほ場割合は 47% となった（表 4-4）。現地ではジャガイモシストセンチュウ類 2 種が混発するほ場の割合が高いことが明らかになった。

（平成 29 年度）

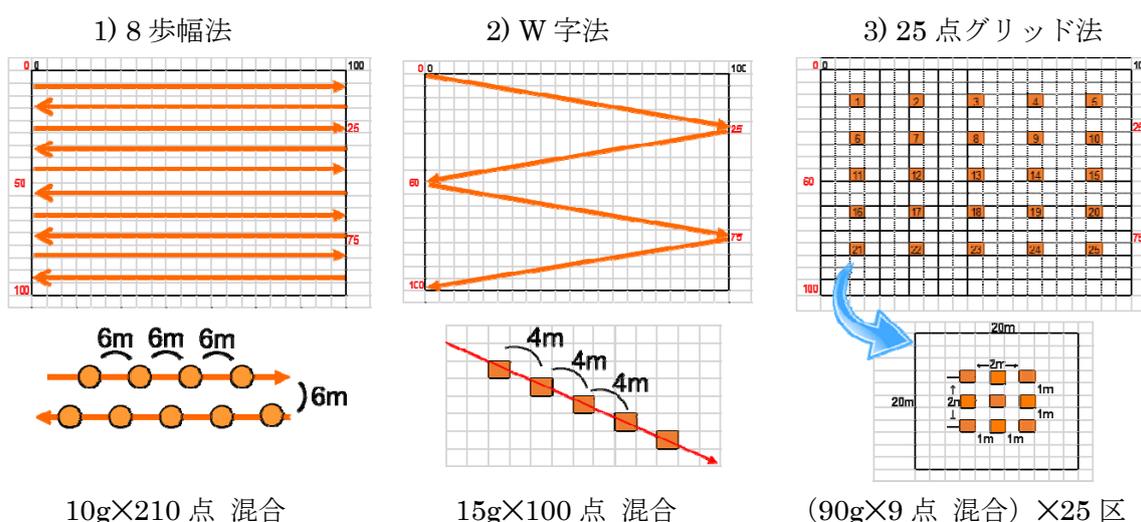


図 4-2 各土壌サンプリング法の模式図と土壌採取量（矢印は土壌採取者が歩く方向）

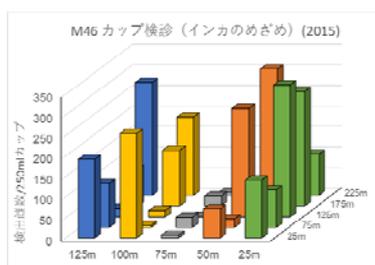
表 4-3 2017 年防除終了後の各ほ場のシストセンチュウの残存状況 (25 点グリッド法)

供試ほ場	防除履歴					シストセンチュウ残存地点・残存数			
	2016 年		2017 年			カップ検診 /250ml カップ		ふ化促進物質 /100g 土壌	
	夏 DD	対抗	秋 DD	対抗	DD	地点数 <sup>a</sup>	最大値 <sup>b</sup>	地点数 <sup>a</sup>	最大値 <sup>b</sup>
圃場 52	○	○			○	0/25	0	1/25	10
圃場 102	○	○				0/25	0	2/25	2
圃場 126	○	○				5/25	111	6/25	563
圃場 89			○	○		—	—	20/25	179
圃場 127			○	○		11/29	13	17/29	15
圃場 33					○	0/10	0	6/10	3
圃場 54					○	1/20	0.3	7/20	4
圃場 95					○	4/25	1	6/25	1
圃場 149					○	5/25	6	7/25	54

a) 各手法により、1 頭でも生存線虫が検出された地点数 (分母は調査地点の合計数)

b) 各手法で検出された生存線虫が検出された地点のうち、最大値となった地点の線虫数

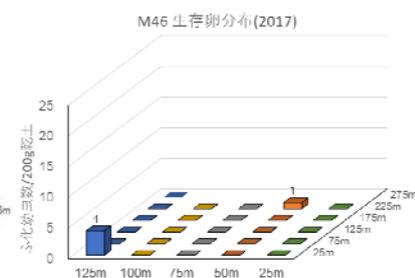
1) 防除前 (カップ検診法)  
2015.10 または 2017.4



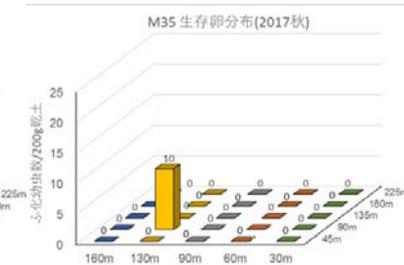
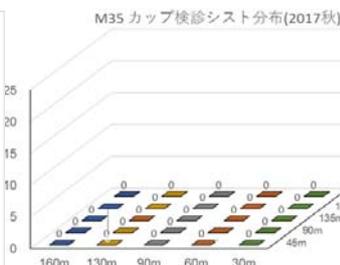
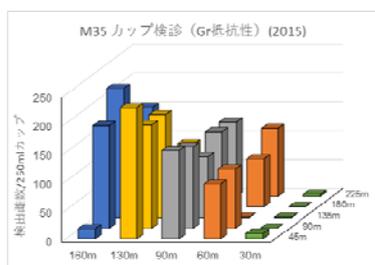
2) 防除後 (カップ検診法)  
2017.10



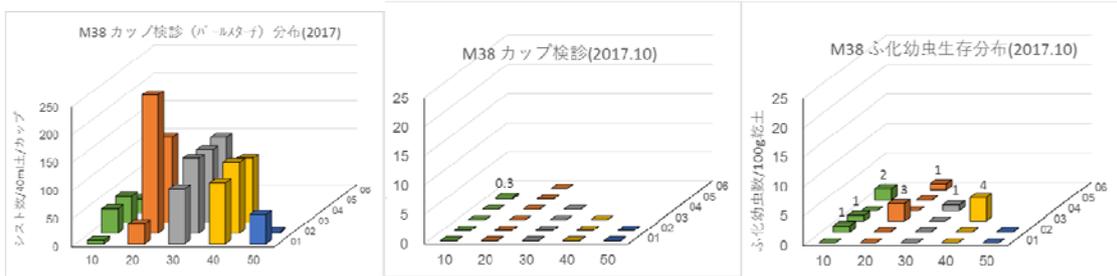
3) 防除後 (ふ化促進物質法)  
2017.10



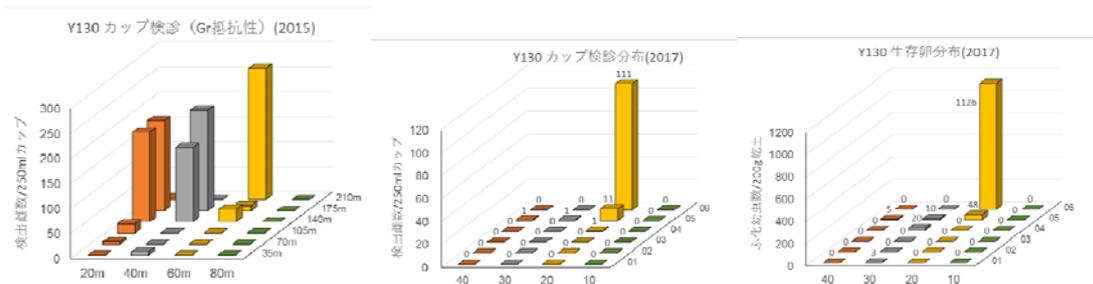
a) 圃場 102 (DD 剤 1 回 + ロケットリーフ 1 回)



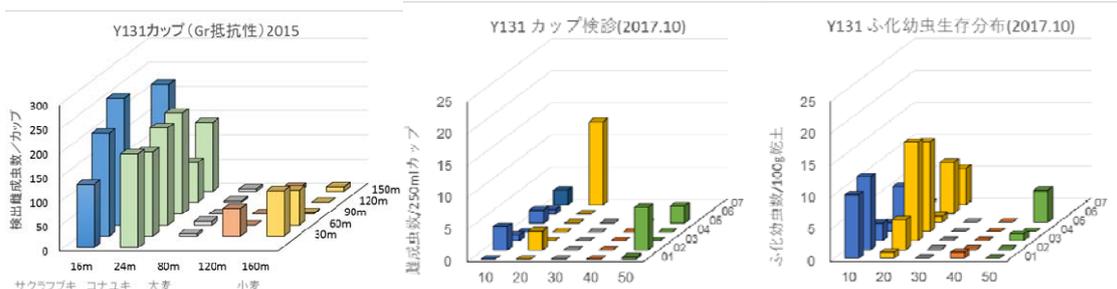
b) 圃場 52 (DD 剤 2 回 + ポテモン 1 回)



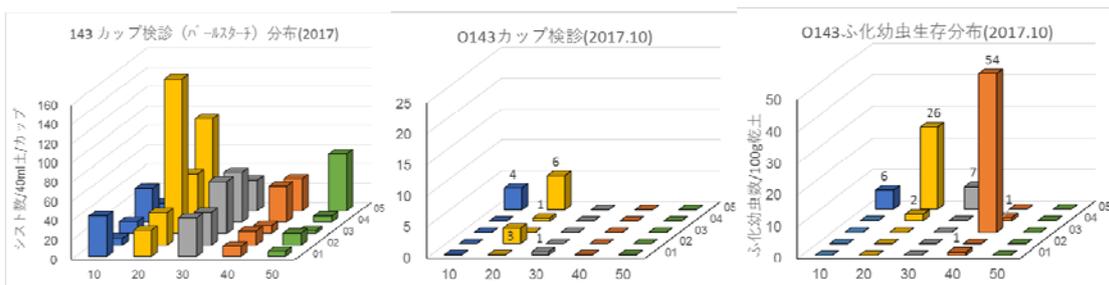
c) 圃場 54 (ポテモン 1 回+DD 剤 1 回)



d) 圃場 126 (DD 剤 1 回+ロケットリーフ 1 回)



e) 圃場 127 (DD 剤 1 回+ポテモン 1 回)



f) 圃場 149 (ポテモン 1 回+DD 剤 1 回)

図 4-3 2 回または 3 回防除ほ場の、防除前 1) と防除後 2),3) の生存 Gp 検出状況  
 (25 点グリッド法、グラフのバーはほ場内各グリッドで検出された線虫数を示す)  
 グラフは左から順に、1) 防除前の生存線虫分布 (カップ検診法)、2) または 3 回防除後の生存線虫分布 2) カップ検診法、同 3) ふ化促進物質法  
 防除効果の高かった 3 ほ場 (a, b, c) と生存線虫を比較的多く検出した 3 ほ場 (d, e, f) を抽出した

表 4-4 2017 年防除終了後の 111 ほ場のシストセンチュウの残存状況  
(8 歩幅法でサンプリングしたほ場)

防除回数	防除内容	ほ場数	生存線虫検出ほ場数				PCR 法検出ほ場数			
			検出 <sup>a)</sup>	(検出内訳)		非検出	検出	(検出内訳)		
				カップ 検診法	ふ化促進 物質法			Gp 単独	Gr 単独	Gp+ Gr
3 回防除	DD2+ 対抗 1	4	0	0	0	4	3	2	0	1
2 回防除	DD1+ 対抗 1	34	21	13	16	13	32	13	2	17
1 回防除	DD1	17	10	9	9	7	14	6	3	5
1 回防除	対抗 1	56	43	35	42	13	44	20	3	21
計		111	74	57	67	37	93	41	8	44

a) カップ検診法・ふ化促進物質法のいずれかあるいは両方で検出されたほ場数

平成 30 年度は、これまでの 2 年間で、土壌くん蒸剤 (D-D 剤) 処理 2 回とナス科対抗植物 (トマト野生種「ポテモン」) 栽培 1 回の計 3 回防除を実施した 9 ほ場について、29 年度同様、カップ検診法とふ化促進物質法によって生存線虫の有無と残存数を調査した。土壌サンプリングは、防除前は「25 点グリッド法」で、防除後は「25 点グリッド法」、「8 歩幅法」、「W 字法」(図 4-2) の 3 手法を組み合わせ実施した。

その結果、3 回防除後のほ場は、9 ほ場中 8 ほ場で、両検出手法とも全調査地点の生存検出数がゼロとなった (表 4-5)。しかし、1 ほ場 (圃場 149) では、わずかに (25 点グリッド法では 1 グリッドのみでカップあたり 1 シスト、8 歩幅法では乾土 600g あたりふ化幼虫 2 頭) 生存 Gp が検出された。このことから、本 3 回防除は、初期密度の高いほ場でも Gp を検出限界以下に密度低減可能な効果の高い防除法である。一方、3 回防除でも、D-D 剤処理条件や対抗植物栽培条件あるいはほ場条件等により、わずかに生存線虫が残存する可能性があることが示唆された。

3 つのサンプリング法 (25 点グリッド法、W 字法、8 歩幅法) については、ともに検出結果 (○/●) が一致したことから (表 4-5)、生存 Gp の有無を調査する目的では、サンプリング手法間で差異はないと考えられる。さらに、単位土壌あたりの分離シスト数の平均値についても、3 つサンプリング手法間で大きな差はないことが確認できた (表 4-6)。それぞれのサンプリング手法は、調査目的や労力、装備等に応じて選択するのが有効である。サンプリング手法の特徴と労力を表 4-7 にまとめた。

3 年にわたり現地ほ場で実施した防除 (土壌消毒および対抗植物の植栽) の作業体系と防除経費について、表 4-8~表 4-11 にまとめた。原料用馬鈴しょの平成 28 年度の経営収入 (粗収益から物材費を控除した金額) は 31,000 円/10a であったことから、経営体単位の単年度の収支として考えると、土壌消毒の防除コスト (37,900 円/10a) は

経営収入を大きく上回った。また、対抗植物の植栽の防除コスト（19,800 円/10a）は経営収入を下回っているものの、対抗植物の植栽を行った当該年度には経済作物の生産ができないために経営収入が得られず、生産者への経済的負担が大きい。しかし、防除を実施しなかった場合、当該ほ場において長期間馬鈴しょ栽培ができないばかりでなく、地域内あるいは地域を越えて Gp が発生拡大し、地域経済や国益の多大な損失を招く恐れがある。本研究で示した Gp 防除法（土壌消毒 2 回+対抗植物 1 回の組み合わせ防除）は Gp 密度を検出限界以下まで低減できたことから、防除コストを地域営農単位あるいは公的資金等によって分担し、確実に防除を実施することが重要であると考えられた。

（平成 30 年度）

表 4-5 各体系防除前後の Gp 発生 9 ほ場の生存線虫検出状況（2018 年 3 回防除となった 9 ほ場対象）

供試 ほ場	2017 年						2018 年								
	防除前		防除後				防除前		防除後						
	25 点	25 点 a)		8 歩幅 a)		25 点	25 点		W 字 a)		8 歩幅				
	防除体系	C	C <sup>b)</sup>	H <sup>b)</sup>	C	H	防除体系	C	H	C	H	C	H		
圃場 27	ポテモン-DD				● <sup>c)</sup>	●	秋小-DD		○ <sup>c)</sup>	○			○	○	
圃場 33	ポテモン-DD	●	●	●	●	●	秋小-DD		○	○	○	○	—	—	
圃場 54	ポテモン-DD	●	●	●	●	●	秋小-DD		○	○	○	○	○	○	
圃場 55	大麦-DD				●	●	ポテモン-DD	●	●	○	○			○	○
圃場 57	ポテモン-DD				●	●	秋小-DD	●	●	○	○	○	○	○	○
圃場 133	ポテモン-DD				●	●	秋小-DD		○	○			○	○	
圃場 149	ポテモン-DD	●	●	●	●	●	秋小-DD		●	○	●	○	●	●	
圃場 152	ポテモン-DD				●	●	秋小-DD		○	○			○	○	
圃場 154	ポテモン-DD				●	○	秋小-DD	●	●	○	○			—	—

a) サンプリング法：「25 点グリッド法」、「8 歩幅法」、「W 字法」（図 4-2 参照）

b) 生存検出手法：C：カップ検診法、H：ふ化促進物質法。

c) ●：生存線虫検出あり、○：生存線虫検出なし、空欄はサンプリングを実施しなかった。  
—は一部防除を実施していない区画があったため除外した。秋小：秋まき小麦（非寄主作物）

表 4-6 土壌サンプリング法ごとの検出シスト数

圃場名	8 歩幅法	W 字法	25 点グリッド法
#33	202*	179	202
#54	211	167	228
#57	77	78	69
#149	67	74	79
#154	16	16	17

\* 2018.9～10 月実施、乾土 100g あたり 3 反復平均値、ふるい分けシスト流し法

表 4-7 各土壌サンプリング法の労力と特徴（方形の圃場 4ha を 1 グループで採土する場合）

		サンプリング法（主な実施国）					
		8 歩幅法 (オランダ、北海道(種 馬鈴しょ検疫))		W 字法 (スコットランド)		25 点グリッド法 (オランダ等)	
人数*	人	5		4+2		5+2	
採取量/点	g	10		15		800 (90×9 点)	
		一人当たり 圃場当たり		一人当たり 圃場当たり		一人当たり 圃場当たり	
歩行距離	m	1,300	6,500	328	1,312	240	1,200
採取点数	点	210	1,050	100	400	5	25
採取土壌量	kg	2.1	10.5	1.5	6.0	4.0	20
長所		現場到着後すぐサン プリング開始可		3 法中最少の土壌 量、移動距離・時間		圃場内の発生位置・ 分布情報得られる	
短所		歩行距離・採取地点数 多、分布情報等得られ ず		事前の地図情報と当 日の測量・旗立て必要		採取土壌量多、採取後 土壌の解析に時間か かる	
調査可能数		7～10 圃場/日					

\*人数の +2 は測量担当者（サンプリング担当とは別）数を示す

表 4-8 土壌消毒の作業体系

作業内容	作業機等
砕土、整地	プラウ、ロータリー
D-D 剤による土壌消毒	土壌消毒機
ガス抜き	ロータリー
野良生え除去	抜き取り
機械洗浄	洗浄機

表 4-9 土壌消毒の防除経費

区 分	経費 (円/10a)
農薬 (D-D 剤) 代	29,900
作業人件費	7,400
防除関連資材費(※)	600
計	37,900

※防毒マスク、吸収缶、防護服、防護手袋等

表 4-10 対抗植物植栽の作業体系

作 業 内 容	作 業 機 等
整地	ロータリー
は種前除草	ロータリー
施肥	ブロードキャスター
は種	エアシーダー
除草剤散布	スプレーヤー
病虫害防除	スプレーヤー
茎葉裁断	チョッパー又はディスクハロー
すき込み	プラウ
野良生え除去	抜き取り、除草剤塗布
機械洗浄	洗浄機

表 4-11 対抗植物植栽の防除経費

区 分	経費 (円/10a)
種子代	12,200
作業人件費	2,500
防除関連資材費 (※)	5,100
計	19,800

※肥料、各種農薬

(ウ) 成果目標に対する達成状況

成果目標は全て達成できた。

- 5 研究成果の発表（主要な論文、取得した（申請中）の特許等を記述）  
別紙の（3）～（8）のとおり
  
- 6 目的の達成に当たっての現時点での問題点等  
全ての目標を達成できている。

## 研究推進会議の開催状況、研究成果の発表(論文、特許等)等

試験研究課題名	ジャガイモシロシストセンチュウの効果的な防除法の開発
---------	----------------------------

課題 番号	(1) 研究推 進会議 等開催 回数	(2) 行政が 活用し うる成 果の有 無	(3)学術論文数		(4)口頭発表回数		(5) 出版 図書数	(6)国内特許権等数		(7)国際特許権等数		(8) 報道 件数	(9) 物品購 入の有 無
			和文	欧文	国内	国際		出願	取得	出願	取得		
2804	7	有	2		6		1						無

## (1)研究推進会議等の開催実績

区分:①推進会議、②現地検討会、③その他

区分	推進会議の名称	年月日	開催場所	参加者 数	消費・安全局担当 官の出席有無	主な議題及び決定事項
①	研究推進会議(キックオフ ミーティング)	平成28年4月12日	札幌市(かでの2. 7)	28	有	3年間の研究推進計画ならびに平成28年度の試験設計
①	研究推進会議(年度末成績 検討・試験設計会議)	平成29年2月3日	札幌市(北海道中小企業会 館)	46	有	平成28年度の試験成績ならびに平成29年度の試験設計
①	研究推進会議(設計会議)	平成29年4月24日	札幌市(北海道中小企業会 館)	22	有	平成29年度の研究実施計画の検討
②	対抗植物に関する現地会議	平成29年6月28日	網走市(オホーツク合同庁 舎、および現地圃場)	18	無	対抗植物の生育状況および緊急防除の進捗状況の確認、今後の試験設計検討
①	研究推進会議(年度末成績 検討・試験設計会議)	平成30年2月19日	札幌市(第2水産ビル)	46	有	平成29年度の試験成績ならびに平成30年度の試験設計
①	圃場試験設計会議	平成30年4月12日	札幌市(道庁本庁舎)	14	無	平成30年度の具体的な圃場試験設計の検討
①	研究推進会議(成績検討会)	平成31年2月19日	札幌市(道庁本庁舎)	39	有	平成30年度ならびに試験期間全体を通しての試験成績検討

(2) 行政が活用しうる成果

区分: ①行政がすでに活用した成果、②行政が活用する目途がたった成果

区分	成果の内容	主な利用場面	活用状況
①	DD剤による化学的防除とナス科対抗植物栽培による耕種的防除を組み合わせたジャガイモシロシストセンチュウ防除効果の解明	現地発生ほ場におけるジャガイモシロシストセンチュウの緊急防除	ジャガイモシロシストセンチュウの緊急防除の具体的な実施方法として、平成29年度より現地において活用されている。
②	トマト野生種と殺線虫剤(ホスチアゼート)の併用処理効果の解明	D-D剤処理ができない、特に野良イモ多発ほ場において、野良イモでのGp増殖を抑制し、トマト野生種単独よりもGp密度抑制効果が期待できる。	ジャガイモシロシストセンチュウの緊急防除の具体的な実施方法として、平成31年度より現地において活用開始予定。

(3) 学術論文

タイトル、著者名、学会誌名、巻、ページ、発行年月	機関名
下層土におけるジャガイモシロシストセンチュウの生存およびD-D剤の効果、伊藤賢治・奈良部孝・小野寺鶴将・相場聡・串田篤彦・松村康一・相場勝、北日本病害虫研究会報、68、160-163、平成29年12月	農研機構、道総研、北海道
北海道におけるジャガイモシロシストセンチュウの発生と根絶に向けた防除対策について、奈良部孝、土壤伝染病談話会レポート、29、3-10、平成30年10月	農研機構

## (4) 口頭発表

タイトル、発表者名、学会等名、発表年月	機関名
ジャガイモシロシストセンチュウ発生ほ場における土壌くん蒸剤(D-D剤)の防除効果、村松康一・小野寺鶴将・相場勝・奈良部孝・伊藤賢治・相場聡・串田篤彦、第70回北日本病害虫研究発表会、平成29年2月	道総研、北海道、農研機構
ジャガイモシロシストセンチュウ発生ほ場における土壌深度別分布の特徴および深層におけるD-D剤防除効果、奈良部孝・伊藤賢治・相場聡・串田篤彦・小野寺鶴将・松村康一・相場勝、第70回北日本病害虫研究発表会、平成29年2月	農研機構、道総研、北海道
土壌燻蒸剤処理と捕獲作物栽培によるジャガイモシロシストセンチュウの防除効果、小野寺鶴将・伊藤賢治・奈良部孝・相場勝、日本線虫学会第25回大会シンポジウム、平成29年9月	農研機構、道総研、北海道
現地発生圃場におけるジャガイモシロシストセンチュウの圃場内分布の特徴、奈良部孝・小野寺鶴将・伊藤賢治・串田篤彦・酒井啓充・坂田 至、第71回北日本病害虫研究発表会、平成30年2月	農研機構、道総研
網走市緊急防除圃場における捕獲作物のジャガイモシロシストセンチュウ防除効果、伊藤賢治・奈良部孝・小野寺鶴将・相場勝、第26回日本線虫学会大会、平成30年9月	農研機構、道総研、北海道
ジャガイモシロシストセンチュウ防除圃場における生存線虫検出法の比較、奈良部 孝、伊藤 賢治、串田 篤彦、酒井 啓充、相場 勝、第26回日本線虫学会大会、平成30年9月	農研機構、道総研、北海道

## (5) 出版図書

区分: ①出版著書、②雑誌、③年報、④広報誌、⑤その他

区分	著書名、(タイトル)、著者名、出版社名、発行年月	機関名
②	ジャガイモシロシストセンチュウに係る情報提供～発生状況と今後の対策～、奈良部孝、ポテカル(カルビーポテト株式会社)、平成29年1月	農研機構

(6)国内特許権等

特許権等の名称	発明者	権利者 (出願人等)	特許権等の種類	番号	出願年月日	取得年月日	機関名

(7)国際特許権等

特許権等の名称	発明者	権利者 (出願人等)	特許権等の種類	番号	出願年月日	取得年月日	機関名

(8)報道件数

区分:①プレスリリース、②新聞記事、③テレビ放映

区分	記事等の名称	掲載紙・放送社名	年月日	機関名	備考

(9)購入物品

品名	規格	員数	購入実績(円)		使用目的	備考
			単価	金額		